

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 03-001469

(43)Date of publication of application : 08.01.1991

(51)Int.Cl.

H01R 43/00

H01B 12/10

H01B 13/00

H01F 5/08

H01R 4/00

(21)Application number : 01-135202

(71)Applicant : MITSUBISHI ELECTRIC CORP

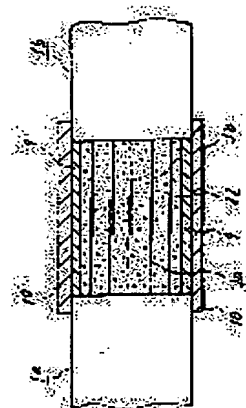
(22)Date of filing : 29.05.1989

(72)Inventor : FUJIWARA FUMIO  
ARIYOSHI AKIHIKO  
MORITA MASAO(54) CONNECTING METHOD FOR SUPERCONDUCTIVE WIRE AND COMPOUND  
SUPERCONDUCTIVE WIRE

## (57)Abstract:

PURPOSE: To lessen the electric resistance by surrounding a superconductive core having a coupling part of superconductive part with a matrix material, subjecting it to a heat treatment, forming the coupling part and superconductive core as a compound superconductor, and connecting the superconductive electric wire.

CONSTITUTION: A stabilizing material, diffused barrier, etc., are removed from the ends of superconductive wires 1a, 1b so as to expose only cores. A Cu sleeve 10 is put on one of the superconductive wires, and the two cores are butted, bundled, and coupled together. The core having coupling part is wrapped with Nb tape 9 and set on a press die in the form of a semicircular tubing, and Cu-Sn alloy powder 22 is fed from the open part of the tap 9. Ultrasonic oscillation is applied to this press die, and the cores are entirely wrapped with the Nb tape. Then another press die in semicircular tubing constituting the other member of a pair is put over and consolidated, and thereover a Cu sleeve is put followed by a heat treatment, which turns the



⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

平3-1469

⑤ Int. Cl.<sup>5</sup>

H 01 R 43/00  
H 01 B 12/10  
H 01 F 5/08  
H 01 R 4/00

識別記号

Z A A  
H C U

Z  
Z  
E  
Z

庁内整理番号

7039-5E  
8936-5C  
7364-5C  
7136-5E  
2117-5E

④ 公開 平成3年(1991)1月8日

審査請求 未請求 請求項の数 2 (全5頁)

⑭ 発明の名称 超電導線および化合物超電導線の接続方法

⑮ 特 願 平1-135202

⑯ 出 願 平1(1989)5月29日

⑰ 発 明 者 藤 原 二 三 夫 兵庫県尼崎市塚口本町8丁目1番1号 三菱電機株式会社  
材料研究所内  
⑰ 発 明 者 有 吉 昭 彦 兵庫県赤穂市天和651番地 三菱電機株式会社赤穂製作所  
内  
⑰ 発 明 者 守 田 正 夫 兵庫県尼崎市塚口本町8丁目1番1号 三菱電機株式会社  
中央研究所内  
⑰ 出 願 人 三菱電機株式会社 東京都千代田区丸の内2丁目2番3号  
⑰ 代 理 人 弁理士 大 岩 増 雄 外2名

## 明 細 書

## 1. 発明の名称

超電導線および化合物超電導線の接続方法

## 2. 特許請求の範囲

(1) 第1、第2超電導線端部の超電導芯線を連結し、熱処理により上記超電導芯線と反応し、超電導体を形成する元素を含有するマトリックス材料で、上記第1、第2超電導線端部の上記連結部を有する超電導芯線を包囲し熱処理して、上記連結部および超電導芯線を化合物超電導体とし、上記第1第2超電導線を接続する超電導線の接続方法。

(2) 第1、第2化合物超電導線端部の化合物超電導芯線を連結し、熱処理により上記化合物超電導芯線と反応し、超電導体を形成する元素を含有するマトリックス材料で、上記第1、第2化合物超電導線端部の上記連結部を有する化合物超電導芯線を包囲し熱処理して、上記連結部を化合物超電導体とし、上記第1、第2化合物超電導線を接続する化合物超電導線の接続方法。

## 3. 発明の詳細な説明

## 〔産業上の利用分野〕

本発明は、超電導線および化合物超電導線の接続方法に関するものである。

## 〔従来の技術〕

第5図は、例えば特公昭59-38807号公報に示された従来の接続された超電導線の一部を示す斜視図である。図において、(1a)および(1b)は超電導線、(2a)および(2b)はマトリックス、(3a)および(3b)は超電導芯線、(12)はハンダである。即ち超電導線(1a)および(1b)は互いにハンダで電気的に接続されている。マトリックス(2a)および(2b)中に超電導芯線(3a)および(3b)が埋設された構造になっている。代表的な超電導線であるNb<sub>3</sub>Sn超電導線ではマトリックス(2a)および(2b)は通常Snを含むCu合金およびCuである。Nb<sub>3</sub>Sn超電導芯線は、熱処理前においてはNbであり、通常高温(一般的には500~800℃)で熱処理してマトリックス中のSn成分との拡散反応によって生成させている。

## 〔発明が解決しようとする課題〕

しかし、従来の接続法では、超電導線(1a)および

(1b)は互いにハンダ(12)で接続されているので、超電導線(1a)から超電導線(1b)に流れ込もうとする電流は、超電導芯線(3a)からマトリックス(2a)、ハンダ(12)、マトリックス(2b)を通じて超電導線芯線(3b)へ流れ込むことになる。しかしマトリックス(2a)、(2b)およびハンダは通常超電導線が使用される条件下では超電導性を示さないもので、流れる電流は大きな電気抵抗を持つため発熱が大きく超電導コイルでは上記のような接続部があるとコイルの安定性を損なうという課題があった。

本発明はかかる課題を解決するためになされたもので、接続による電気抵抗が極めて小さい超電導線および化合物超電導線の接続方法を得ることを目的とする。

#### [課題を解決するための手段]

本発明の超電導線の接続方法は、第1、第2超電導線端部の超電導芯線を連結し、熱処理により上記超電導芯線と反応し、超電導体を形成する元素を含有するマトリックス材料で、上記第1、第2超電導線端部の上記連結部を有する超電導芯線を包囲し

ために双方の超電導線の端部を除去した状態の一部を示す斜視図である。図において、(1a)および(1b)は超電導線、(2)はマトリックスで、この場合はCu-Sn合金である。(3a)および(3b)は超電導芯線でこの場合はNbである。(4)は拡散障壁で、この場合はNbである。(5a)および(5b)は安定化材でこの場合はCuである。

第2図は、本発明の一実施例に係わる第1、第2超電導線端部の連結部を有する超電導芯線をマトリックス材で包囲した熱処理前の状態を示す一部断面構成図である。図において、(22)は後の熱処理によって超電導芯線と化合物超電導線を形成するマトリックスとなるCu-Sn合金粉末、(9)は拡散障壁となるNbテープ、(10)は安定化材となるCuスリーブであり、他は第1図と同様である。先ず、超電導線(1a)、(1b)の端部の安定化材、拡散障壁、マトリックスなどをエッチングや機械的に除去し、超電導芯線のみを露出させる。次に、あらかじめCuスリーブ(10)を一方の超電導線に通し、次に双方の超電導芯線を突き合わせて緩く束ねて連結する。次に、連結

熱処理して、上記連結部および超電導芯線を化合物超電導体とし、上記第1第2超電導線を接続するものである。

本発明の別の発明の化合物超電導線の接続方法は、第1、第2化合物超電導線端部の化合物超電導芯線を連結し、熱処理により上記化合物超電導芯線と反応し、超電導体を形成する元素を含有するマトリックス材料で、上記第1、第2化合物超電導線端部の上記連結部を有する化合物超電導芯線を包囲し熱処理して、上記連結部を化合物超電導体とし、上記第1、第2化合物超電導線を接続するものである。

#### [作用]

本発明において、超電導線が超電導体を介して接続するので、接続による電気抵抗が極めて小さくなる。

#### [実施例]

以下、本発明を代表的な化合物超電導線であるNb<sub>3</sub>Sn超電導線について説明する。第1図は本発明の一実施例に係わる第1、第2超電導線を連結する

部を有する超電導芯線をNbテープ(9)で包囲して半円筒状のプレス型の上にセットし、Nbテープの解放部よりCu-Sn合金粉末(22)を充填する。連結部の超電導芯線間に充分にCu-Sn合金粉末が充填されるように、プレス型に超音波振動を加えた後、Nbテープで完全に連結部を有する超電導芯線を包囲する。次に対となる半円筒状のプレス型を連結部を有する超電導芯線にかぶせ、プレスして一体化し、その上にさらにCuスリーブをかぶせた後、熱処理によって連結部をNb<sub>3</sub>Sn超電導体とする。またこの熱処理によって、同時に、接続前の双方の超電導線のNb芯線もNb<sub>3</sub>Sn超電導体に変換することができる。この接続のための熱処理温度は熱拡散反応によって超電導体が形成する温度が必要であり、Nb<sub>3</sub>Snの場合には550~950℃が望ましい。このように接続された超電導線の接続抵抗を液体ヘリウム中で測定した。その結果、接続により発生した抵抗は $10^{-3} \Omega$ 以下と極めて小さく、従来の接続法に比べて約1/100以下であった。これは双方の超電導線が接続部に形成された超電導体を介して接続されているためであ

ためである。

第3図は、本発明の他の実施例に係わる第1、第2超電導線端部の連結部を有する超電導芯線をマトリックス材で包囲した熱処理前の状態を示す一部断面構成図である。即ち、接続するための双方の超電導線の連結部を有する超電導芯線を包み込むように、超電導体を構成する他の元素、この場合はマトリックスとなるCu-Sn合金テープ(23)を配置し、次に連結部を有する超電導芯線の周囲に拡散障壁となるNbテープ(9)を配置し、更にその上に安定化材となるCuからなるスリーブ(10)を配置した。これを熱処理することで、連結部及び双方の超電導線のNb芯線を超電導体であるNb<sub>3</sub>Snとする。超電導線(1a)、(1b)は超電導体を介して接続されたので、前記実施例と同様に超電導線の接続抵抗は極めて小さかった。

第4図は、本発明のさらに他の実施例に係わる第1、第2超電導線端部の連結部を有する超電導芯線をマトリックス材で包囲した熱処理前の状態を示す一部断面構成図である。即ち、連結部を有する超

電導芯線の周囲に拡散障壁となるNbチューブ(9)を配置し、さらにその上に安定化材となるCuからなるスリーブ(10)を配置する。NbチューブおよびCuスリーブには、連結部を有する超電導芯線に超電導体を構成する他の元素、この場合はマトリックスとなるCu-Sn合金溶湯(24)を圧入するための注入孔が設けられている。さらにCuスリーブはレーザによって超電導線(1a)、(1b)と溶接して一体化し、Cu-Sn合金溶湯を圧入した時の湯こぼれを防止した。注入孔よりCu-Sn合金溶湯を圧入し、溶湯が凝固した後に、これを熱処理することで、連結部および双方の超電導線のNb芯線を超電導体であるNb<sub>3</sub>Snとする。超電導線(1a)、(1b)は超電導体を介して接続されたので、前記実施例と同様に超電導線の接続抵抗は極めて小さかった。

上記実施例では、接続前の超電導線として、第1図～第4図に示すような外周部にCuで代表される安定化材(10)とNbで代表される拡散障壁材(9)を有する超電導線の超電導芯線の接続法について述べたが、上記実施例の接続法は安定化材や拡散障壁材

を持たない線材構成の超電導線同士の接続においても有効である。つまり、この場合では拡散障壁(9)のNbテープおよびNbチューブをそれぞれマトリックス構成材であるCu-Sn合金テープおよびCu-Sn合金チューブに、また安定化材(10)のCuスリーブをCu-Sn合金スリーブに置き換えることで可能となる。

なお、超電導線には実施例で示したNb<sub>3</sub>Snの他に、V<sub>3</sub>Ga、Nb<sub>3</sub>Alで代表される金属間化合物超電導線またはそれぞれにIn、Ti、Taなどの元素を添加した物など数多くあるがいずれのばあいも適用できる。

また、本発明の別の発明である、上記実施例における第1、第2超電導線の代わりに、第1、第2化合物超電導線を用いた場合も同様の効果を得ることができる。

#### [発明の効果]

以上説明した通り、本発明は第1、第2超電導線端部の超電導芯線を連結し、熱処理により上記超電導芯線と反応し、超電導体を形成する元素を含有するマトリックス材料で、上記第1、第2超電導線端部の上記連結部を有する超電導芯線を包囲し熱処

理して、上記連結部および超電導芯線を化合物超電導体とし、上記第1、第2超電導線を接続することにより、又本発明の別の発明は第1、第2化合物超電導線端部の化合物超電導芯線を連結し、熱処理により上記化合物超電導芯線と反応し、超電導体を形成する元素を含有するマトリックス材料で、上記第1、第2化合物超電導線端部の上記連結部を有する化合物超電導芯線を包囲し熱処理して、上記連結部を化合物超電導体とし、上記第1、第2化合物超電導線を接続することにより、接続部の電気抵抗が極めて小さい超電導線および化合物超電導線の接続方法を得ることができる。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の一実施例に係わる第1、第2超電導線を連結するために双方の超電導線の端部を除去した状態の一部を示す斜視図、第2図は、本発明の一実施例に係わる第1、第2超電導線端部の連結部を有する超電導芯線をマトリックス材で包囲した熱処理前の状態を示す一部断面構成図、第3図は、本発明の他の実施例に係わる第1、第2超電導

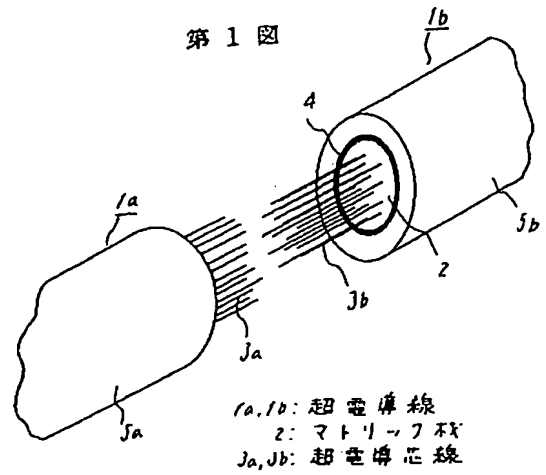
線端部の連結部を有する超電導芯線をマトリックス材で包囲した熱処理前の状態を示す一部断面構成図、第4図は、本発明のさらに他の実施例に係わる第1、第2超電導線端部の連結部を有する超電導芯線をマトリックス材で包囲した熱処理前の状態を示す一部断面構成図、第5図は、従来の接続された超電導線の一部を示す斜視図である。

図において、(1a)および(1b)は超電導線、(2)はマトリックス材、(3a)および(3b)は超電導芯線である。

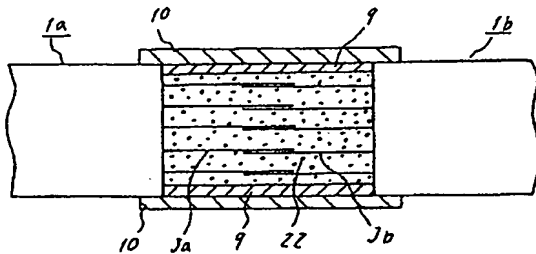
なお、各図中同一符号は同一または相当部分を示す。

代理人 大 岩 増 雄

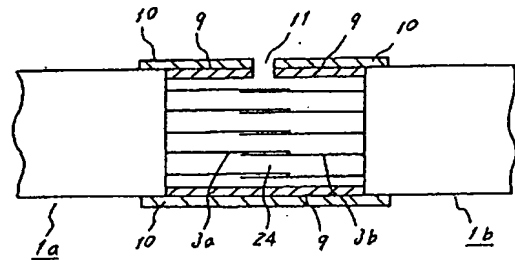
第1図



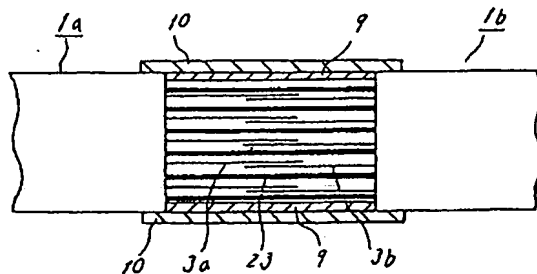
第2図



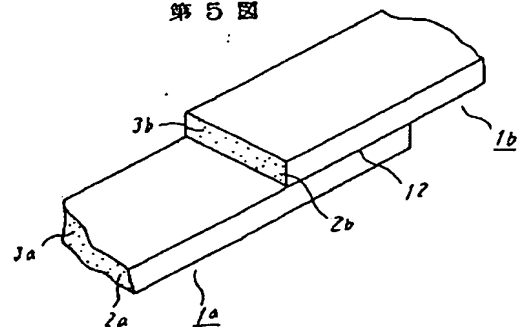
第4図



第3図



第5図



手続補正書(自発)

平成 1 年 9 月 1 日

特許庁長官殿

1. 事件の表示 特願 1-135202 号

2. 発明の名称

超電導線および化合物超電導線の接続方法

3. 補正をする者

事件との関係 特許出願人  
 住 所 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号  
 名 称 (601)三菱電機株式会社  
 代表者 志岐守哉

4. 代理人

住 所 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号  
 三菱電機株式会社内  
 氏 名 (7375)弁理士 大岩増雄  
 (連絡先03(213)342)特許部

5. 補正の対象

明細書の発明の詳細な説明の欄

6. 補正の内容

(1)明細書第6頁第15行の「950」を「800」に訂正する。

(2)同第6頁第17行の「 $10^{-2}$ 」を「 $10^{-1}$ 」に訂正する。

以 上

方式  
審査